

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicants.

**Defects in the images include but not limited to the items checked:**

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITES PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARK ON ORIGINAL DOCUMENTS
- ☐ REFERENCE (S) OR EXHIBIT (S) SUMMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY**

As rescanning these documents will not correct the image Problems checked, please do not report this problems to the IFW Image Problem Mailbox.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-200225

⑬ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)9月3日

G 01 D 5/38  
G 01 P 3/486A-7905-2F  
Z-8203-2F

審査請求 未請求 発明の数 I (全14頁)

⑮ 発明の名称 ロータリーエンコーダー

⑯ 特 願 昭61-42678

⑰ 出 願 昭61(1986)2月27日

⑱ 発 明 者 石 塚 公 川崎市高津区下野毛770番地 キヤノン株式会社玉川事業  
所内⑲ 発 明 者 西 村 哲 治 川崎市高津区下野毛770番地 キヤノン株式会社玉川事業  
所内

⑳ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

㉑ 代 理 人 弁理士 高梨 幸雄

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ロータリーエンコーダー

## 2. 特許請求の範囲

可干渉性の複数の光束を回転物体に連結した円板上の放射格子上の異なる複数の位置に入射させ前記放射格子からの特定波長の複数の回折光を重ね合わせ、そして受光手段に導光し、該受光手段からの出力信号を利用して前記回転物体の回転状態を求めたことを特徴とするロータリーエンコーダー。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はロータリーエンコーダーに関し、特に円板上に例えば透光部と反射部の格子模様を回折格子を複数個、周期的に刻んだ放射格子を回転物体に取付け、該放射格子に例えばレーザーからの光束を照射し、該放射格子からの回折光を利用して、放射格子若しくは回転物体の回転速度や回転速度の変動量等の回転状態を光電的に検出する

ロータリーエンコーダーに関するものである。

(従来の技術)

従来よりフロッピーディスクの駆動等のコンピュータ機器、プリンター等の事務機器、あるいはNC工作機械さらにはVTRのキャプステンモーターや回転ドラム等の回転機構の回転速度や回転速度の変動量を検出する為の手段として光電的なロータリーエンコーダーが利用されてきている。

光電的なロータリーエンコーダーは例えば図27

図に示すように回転軸30に連結した円板35の円周に透光部と遮光部を等間隔に設けた、所謂メインスケール31とこれに対応してメインスケールと等しい間隔で透光部と遮光部とを設けた所謂副定インデックススケール32との双方のスケールを透光手段33と受光手段34で挟んで対向配置した所謂インデックススケール方式の構成を採っている。この方法はメインスケールの回転に伴って双方のスケールの透光部と遮光部の間隔に同期した信号が得られ、この信号を周波数解析して回転軸

特開2002-200225(2)

の回転速度の変動を検出している。この為、双方のスケールの透光部と遮光部とのスケール間隔を細かくすればする程、検出精度を高めることができる。しかしながらスケール間隔を細かくすると回折光の影響で受光手段からの出力信号のS/N比が低下し、検出精度が低下してしまう欠点があった。この為メインスケールの透光部と遮光部の格子の総本数を固定させ、透光部と遮光部の間隔を回折光の影響を受けない程度まで拡大しようとする。この為メインスケールの円板の直径が増大し更に厚さも増大し装置全体が大型化し、この結果被検回転物体への負荷が大きくなって来る等の欠点があった。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明は被検回転物体の負荷が小さく、装置全体の小型化が容易で、しかも回転状態を高精度に検出することのできるロータリーエンコーダーの提供を目的とする。

特に回折格子上の異なる複数の位置に光束を入射させることにより、回転物体の回転中心と回

折格子を放射状に周期的に配んだ所謂放射格子の中心との偏心誤差による測定精度の低下を防止したロータリーエンコーダーの提供を目的とする。

(問題点を解決するための手段)

可干渉性の複数の光束を回転物体に連絡した円板上の放射格子上の異なる複数の位置に入射させ、回折放射格子の異なる位置からの特定次数の回折光を各々重ね合わせ、そして複数の重ね合わされた光を受光手段に導光し、該受光手段からの出力信号を利用して前記回転物体の回転状態を求めたことである。

この他、本発明の特徴は実施例において記載されている。

(実施例)

第1図は本発明の一実施例の光学系の概略図である。

本実施例ではレーザー1より放射された光束をコリメーターレンズ2によって平行光束とし偏光ビームスプリッター3に入射させ、略等強度の反射光束と透過光束の2つの直線偏光の光束に分割

3

している。このうち反射した光束は波長板4を経て円偏光とし、被測定回転物体と連絡した円板上の放射状の回折格子が設けられている放射格子7の位置M<sub>1</sub>に入射させている。そして放射格子7に入射し回折した透過回折光のうち特定次数の例えば±m次の2つの回折光を反射手段5、6により反射させ、同一光路を逆行させ放射格子7上の略同一位置M<sub>1</sub>に再入射させている。そして放射格子7により再回折された特定次数の±m次の2つの回折光を波長板4を介して入射したときと90度偏光方位の異なる直線偏光とし偏光ビームスプリッター3に入射させた後、受光素子9に導光させている。

本実施例では偏光ビームスプリッター3から反射手段5、6に至る特定次数の回折光の往復光路を同一としている。

一方、偏光ビームスプリッター3で分割された2つの光束のうち透過した光束は反射鏡10で反射させ波長板6を介し円偏光とし、円板上の放射格子7上の位置M<sub>2</sub>と回折角90に対して略点対称

5

4

の位置M<sub>2</sub>に入射させている。そして放射格子7に入射し回折した透過回折光のうち特定次数の2つの回折光を反射手段5'、6'により入射光路と多少異った光路となるように逆行させて、放射格子7の位置M<sub>2</sub>近傍に再入射させている。そして放射格子7より再回折された特定次数の2つの回折光を波長板8を介し入射したときとは90度偏光方位の異なる直線偏光とし偏光ビームスプリッター3に入射させた後、受光素子9の前述の点M<sub>1</sub>を通過した回折光の入射位置と異った位置に導光させている。即ち本実施例では受光素子9は放射格子7上の点M<sub>1</sub>を通過してきた±m次の2つの回折光による干渉縞の強度を検出すると共に点M<sub>2</sub>及びその近傍を通過してきた±m次の2つの回折光による干渉縞の強度も同様に検出している。従って、後述する回転物体と放射格子の中心との偏心誤差は、放射格子上の複数の点で得られる干渉縞を複数的に同一の受光手段で検出することにより軽減される。又、M<sub>1</sub>及びM<sub>2</sub>から出射する回折光の重ね合わせにより得られる各々

6

特開昭62-280225(公)

の干渉縞を別個の検出器で検出し、各々の検出器で得られる信号を電気的に平均化しても同一の受光手段で同時検出する場合同様の効果を得られる。このうち例として点 $M_1$ を通過した2つの回折光による干渉縞と回転物体との関係について以下述べる。

回折光束の位置 $M_1$ における透光部及び反射部のピッチを $P$ とすれば $\pm m$ 次の回折光 $L_1, L_2$ の回折角度 $\theta$ は

$$\sin \theta_m = m \lambda / P \quad \cdots \cdots (1)$$

で表わされる。ここで $\lambda$ は光束の波長である。一方、測定点 $M_1$ での放射格子7の周速度を $v$ とすれば $\pm m$ 次の回折光 $L_1, L_2$ の周波数は

$$\Delta f = \pm v \sin \theta_m / \lambda \quad \cdots \cdots (2)$$

で表わされる。従って、所謂トップラシフトを受ける。 $\pm m$ 次の回折光 $L_1, L_2$ は反射波5, 6で反射し、元の光路を戻り放射格子7で再度回折され $\pm m$ 次の回折光となって双方の回折光は重なり合い元の光路を戻す。このとき再度(2)式で示すトップラシフトを受けるので $\pm m$ 次の回折光

$L_1, L_2$ のトップラシフトは合計 $\pm 2 \Delta f$ となる。そして元の光束を戻って $\lambda$ 波長板4を再び通過し直線偏光となり偏光ビームスプリッター3で反射され受光素子9で受光される。

受光素子9には $\pm m$ 次の回折を2回受けた光束が重なり合われて入射してくる為、受光素子9の出力信号の周波数 $F$ は $F = 2 \Delta f - (-2 \Delta f) = 4 \Delta f$ となる。

つまり、受光素子9の出力信号の周波数 $F$ は $F = 4 \Delta f = 4 v \sin \theta_m / \lambda$ となり(1)式の回折条件の式から出力信号の周波数 $F$ は

$$F = 4 m v / P$$

となる。ここで、回転角速度を $\omega$ 、回転軸7の回転数を $f$ 、放射格子7の格子の等角度のピッチを $\Delta \phi$ 、透光部と反射部の格子の分割数(総本数)を $N$ 、レーザーの照射位置 $M_1$ での半径を $r$ とすれば、 $v = r \omega$ 、 $\omega = 2 \pi f$ 、 $P = r \Delta \phi$ 、 $\Delta \phi = 2 \pi / N$ の関係式から結局、受光素子の出力信号の周波数 $F$ は

$$F = 4 m N f \quad \cdots \cdots (3)$$

7

8

となり、回折次数 $m$ 、分割数 $N$ 、回転数 $f$ で表わされる。そして第1図に示すように受光素子9からの出力信号を例えばコンパレータなどを通して2値化し、周波数-電圧変換器等によって周波数解析して表示すれば周波数 $F$ が求められ、回転物体の回転速度の測定値を求めることができる。尚(3)式より明らかのように周波数 $F$ を波長と無関係に求めることができるので光源としてレーザーに限らずどのような光源であっても使用することができる。

一方、従来から使用されているインデックススケール方式の光電式ロータリーエンコーダーでは受光素子からの出力信号の周波数 $F'$ は $F' = N f$ である。従って本発明によれば従来例に比べて4 $m$ 倍の精度で周波数 $F$ の検出が出来ることになる。

第2図は第1図の一部の放射格子7上の光束の照射位置 $M_1, M_2$ と放射格子7の中心と被検回転物体の回転中心との偏心の説明図である。

本実施例においては放射格子7上の回転中心に

隔して略点对称な2点 $M_1, M_2$ を照射点、つまり測定点とし放射格子7の中心と被検回転物体の回転中心との偏心の影響を軽減している。即ち、放射格子7の中心と回転中心とを完全に一致させることは困難であり、両者の偏心は避けられない。例えば第2図に示すように放射格子7の中心 $O$ と回転中心 $O'$ との間に、偏心量が $a$ だけあったとき、回転中心から距離 $r$ の位置にある測定点 $M_1$ でのトップラシフト周波数シフトは偏心がないときと比べて、 $r / (r + a)$ から $r / (r - a)$ まで変化する。

一方このとき位置 $M_2$ と回転中心に対して点对称な位置にある測定点 $M_2$ での周波数シフトは位置 $M_1$ での変化とは逆に $r / (r - a)$ から $r / (r + a)$ まで変化するから、位置 $M_1, M_2$ と同時に2点を測定点とすることによって偏心の影響を軽減することができ、この結果、高精度に回転速度を検出することができる。

本実施例において被測定回転物体が放射格子7の1ピッチ分だけ回転すると $m$ 次の回折光の位相

9

-175-

10

特開昭62-200225(4)

は  $2m\pi$  だけ変化する。同様に放射格子 7 により再回折された  $n$  次の回折光の位相は  $2n\pi$  だけ変化する。これにより全体として受光素子からは  $(2m - 2n)$  個の正弦波が得られる。本実施例ではこのときの正弦波を検出することにより回折率を測定している。

例えば回折格子のピッチが  $1.2\mu\text{m}$ 、回折光として 1 次及び -1 次を利用したとすれば回折物体がピッチの  $1.2\mu\text{m}$  分だけ回折したとき受光素子からは 4 個の正弦波が得られる。即ち正弦波数 1 個当りの分解能として回折格子の 1 ピッチの  $\lambda$  の  $2^2/\lambda = 0.3\mu\text{m}$  が得られる。

尚、本実施例に於ける構成は略点对称を 2 点からの回折光を利用しているわけであるが、略点对称に陥らず複数の位置からの回折光を用いることにより略同等の効果を達成することが出来る。例えば、互いに  $120^\circ$  の角度を成す 3 点からの回折光を利用したり、近接しない任意の 2 点からの回折光を利用するのも有効である。

前述した実施例では  $\pm m$  次の 2 つの回折光を用

いた場合を示したが  $\pm m$  次の回折光の代わりに次数の異なった 2 つの回折光を用いても良い。又、放射格子上の格子模様を反射鏡のみで構成し反射回折光のみを用いるようにしても良い。

尚、本実施例において受光素子 9 に入射する光量は多少減少するが偏光ビームスプリッター 3 の代わりに単なるビームスプリッターを用いても良い。このときは長板 4、8 は不要となる。

第 1 図に示す実施例においては点  $M_0$  で回折された光を反射鏡 5'、6' により入射光路より多少ずれた光路を辿るようにして放射格子 7 面上に戻しているが、第 3 図に示すように反射鏡 5'、6' により反射した回折光を入射光路と全く同一に戻し、その代わりに偏光ビームスプリッター 3 と反射鏡 10 との間に偏光分離プリズム 12 (ビームスプリッターを用いたときは分離プリズム) を配置し、受光素子 9 への入射位置を点  $M_1$  からくる回折光の入射位置と分離することによっても良い。

第 1 図、第 3 図の実施例では光源と受光素子を

11

共に 1 つ用いた場合について示したが光源の数及び受光素子の数は特に限定されるものではない。

第 4、第 5、第 6 図は各々本発明の他の実施例の光学系の概略図である。

第 4 図は光源と受光素子の組を 2 つ用いて各々の組により放射格子 7 の 2 つの点  $M_1$ 、 $M_2$  に独立に入射させた場合である。図中 1' は光源、2' はコリメーターレンズ、13' はビームスプリッター、9' は受光素子である。

第 5 図、第 6 図は光源を 1 つとし受光素子を 2 つ用いた場合である。第 6 図の実施例では点  $M_0$  で回折され戻ってくる回折光を偏光ビームスプリッター 3' を通過させて他方の受光素子 9' に導光させている。

尚、10' は長板である。

第 6 図の実施例では第 5 図の実施例における偏光ビームスプリッター 3、3' の代わりにビームスプリッター 13、13' を用いた場合であり、本実施例では長板 4 及び長板 8 は不要となる。

尚第 3 図から第 6 図において第 1 図で示した要

12

素と同一要素には同符号を付してある。

第 7 図～第 10 図は本発明の異なる実施例の光学系の概略図で、第 1 図～第 6 図で示した実施例とは異なり、ある位置 (例えば点  $M_1$ 、 $M_2$ ) から出射した回折光を再度ミラー等で同一位置に戻入射させることなく、そのまま重ね合わせて受光手段に導く構成を採っている。従って、第 7 図～第 10 図で示す各実施例は第 1 図～第 6 図の実施例に比較して精度は多少低下するが、精度がそれほど要求されない用途に対しては有効である。

尚、ここで示す実施例は全て透過回折光を利用するものであるが反射回折光を利用するようにしても全く同様である。又、図中の符号は前記実施例と同一の要素には同符号を付しており、10'、14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>、14<sub>1</sub>'、14<sub>2</sub>' は反射鏡、15'、15"、15<sub>1</sub> はハーフミラーである。

次に各実施例を順を追って説明する。

第 7 図は第 4 図に示すロータリーエンコーダーの実施例であり、光源 1、1' と受光素子 9、9' との組を 2 組用いて構成され、各々の光源

13

-176-

14

特開昭62-200225(5)

1, 1' から出射した可干渉性光束は点  $M_1$ ,  $M_2$  に入射して放射格子 7 により回折を受ける。点  $M_1$ ,  $M_2$  で各々回折した  $+n$  次と  $-n$  次の 2 つの回折光を互いにハーフミラー 13, 13' で重ね合わせた後、各々の受光素子 9, 9' の受光面に導いている。

第 8 図は第 7 図の実施例の変形例を示す図であり、第 4 図の実施例同様にハーフミラー 13 を介して光源 1 から出射した可干渉性光束を 2 分割して点  $M_1$ ,  $M_2$  に各々入射させており、その後は第 7 図に示す実施例と同様の構成で 2 つの受光素子 9, 9' へ重ね合わせた 2 つの回折光を各々導いている。

第 9 図は第 8 図の実施例の変形例を示す図であり、第 1 図の実施例同様に 1 つの光源と 1 つの受光素子を用いた場合である。本実施例ではミラー 10' とハーフミラー 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>, 13<sub>3</sub>' をして 2 つのミラー 5, 5' を用いて点  $M_1$  での  $-n$  次回折光と点  $M_2$  での  $+n$  次回折光を重ね合わせ、又点  $M_1$  での  $+n$  次回折光と点  $M_2$  での  $-n$  次回折光を重

ね合わせて各々 1 つの受光素子 9 に導光している。

第 10 図は第 9 図の実施例の変形例を示す図で、光学部品数を減らして簡素化したものである。ここでは点  $M_1$  から出射した  $-n$  次の回折光を反射鏡 10' によりハーフミラー 13 へ導き、点  $M_2$  から出射した  $+n$  次の回折光とハーフミラー 13 を介して重ね合わせて受光素子 9 へ導いている。本実施例に於ても前述までの各実施例同様、放射格子の複数の位置（ここでは回折中心に対し略等距離位置）で生じた回折光同態を重ね合わせて干渉縞を形成している為、偏心の影響を小さく抑えることが出来る特徴がある。

第 11 図は第 8 図の実施例の変形例を示す図であり、点  $M_1$  から出射した  $\pm n$  次の回折光を反射鏡 5, 6 で各々ハーフミラー 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>' へ導き、点  $M_2$  で回折した  $\pm n$  次の回折光を同様にハーフミラー 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>' に導きハーフミラー 13<sub>1</sub> 及び 13<sub>2</sub>' で重ね合わせ、これらの回折光を受光素子 9, 9' に導光して互いに干渉縞を形成している。

15

以上の各実施例では光源 1, 1' 又は  $\lambda$  及び受光素子 9, 9' に関する光学系の光軸が放射格子 7 が形成された円板の面と平行となっている為、特に液型のロータリーエンコーダーを提供する事が出来る特徴がある。

第 12 図及び第 13 図に示す実施例では反射鏡やハーフミラー等の要素を極力取り除いた簡便な構成のロータリーエンコーダーの一例である。

第 12 図は第 10 図の実施例の変形例を示すものであり、光源 1 を放射格子 7 を有する円板に対し傾けて配し、光源 1 からの光束をハーフミラー 13 により所定角度で出射する 2 光束に分割し、分割された各々の光束を反射鏡 10 及び 10' を介して点  $M_1$ ,  $M_2$  に入射させる。そして点  $M_1$  から出射した  $-n$  次と点  $M_2$  からの  $+n$  次の回折光をハーフミラー 13' で重ね合わせて受光素子 9 へ導いている。

第 13 図は第 11 図の実施例の変形例を示すものであり、第 12 図同様の構成で点  $M_1$ ,  $M_2$  に光束を入射させ、点  $M_1$  から出射する  $-n$  次の回折光を

16

ハーフミラー 13<sub>1</sub> へ導き、 $+n$  次の回折光はハーフミラー 13' へ導いて、各々ハーフミラー 13<sub>1</sub> 及び 13' を介して点  $M_2$  から出射した  $+n$  次及び  $-n$  次の回折光と重ね合わせて受光素子 9 及び 9' に導光している。本実施例では第 11 図の実施例に比べ反射鏡が一枚少なくなる利点がある。

次に、第 14 図～第 17 図の実施例では放射格子の同一位置に所定の入射角度で 2 光束を入射させ各々同一方向に重なり合った  $n$  次と  $-n$  次若しくは  $n$  次と  $m$  次の 2 つの回折光として出射させる場合を示す。従って以下の実施例では回折光を重ね合わせる為のハーフミラーを特に必要としない。第 14 図の実施例では 2 つの光源 1 及び 1' から出射して可干渉性光束を各々ビームスプリッター 13, 13' で 2 分割し、分割された一組の 2 光束を所定の角度（一般に回折格子のピッチで決まる  $\pm n$  次の回折角）で各々点  $M_1$  と点  $M_2$  に入射させる。この時、点  $M_1$  及び点  $M_2$  から出射する回折光は 2 光束の回折光が重なり合った光束で、点  $M_1$  から出射する光束を反射鏡 10 で反射させ

17

-177-

18

## 特開昭62-200225 (G)

ハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9の受光面に導く。一方、点M<sub>2</sub>から出射する光束も同様にハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9の受光面に導く。従って、単一の受光素子9により2種類の干渉縞を測定し、放射格子の偏心による影響を少なくしている。

第15図の実施例は第14図の構成を簡便化して装置全体の簡素化を図ったものである。即ち、ここでは単一の光源1を用い、この光源1から出射する可干渉性光束をビームスプリッター13で最初に2分割し、反射鏡10、10'等を用いて点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に第14図に示す方法と同様の方法で光束を入射させ、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った回折光をハーフミラー13'を介し受光素子9に導光している。尚、第15図の実施例では光源1、コリメーターレンズ2等の光軸は放射格子7を備えた円板に対して平行となっている。

第16図の実施例は第14図、第15図の実施例に比べ更に装置全体の簡素化を図ったものである。即ち、ここでは単一の光源1から出射した可干渉性

光束をビームスプリッター13及び反射鏡10により互いに平行な光路を持つ2光束に分割し、各々の光路中にハーフミラー13'、13''及び反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>を配し、各々の光路から導入した2光束を所定の角度で点M<sub>1</sub>、点M<sub>2</sub>に入射させている。そして、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った回折光を受光素子9及び9'で受光し、干渉縞を測定している。

第17図は第16図の実施例の変形例を示す図である。ここでは、第16図に示す方法と同様の方法で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に2光束を入射させ、点M<sub>1</sub>から出射する重なり合った回折光を反射鏡10'でハーフミラー13<sub>1</sub>へ導き、点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った回折光を直接ハーフミラー13<sub>1</sub>へ導いて、各々ハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9で受光している。

第18図は第14図～第17図の実施例とは異なり、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>へ各々単一の光束を入射させる場合の実施例を示す。光源1から出射した可干渉性光束はハーフミラー13、反射鏡10によって所定

19

の角度で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に入射する。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>からは放射格子7に対し略垂直に所定次数の回折光が出射し、点M<sub>1</sub>から出射する回折光は反射鏡10'でハーフミラー13<sub>1</sub>へ導かれ、点M<sub>2</sub>から出射する回折光は直接ハーフミラー13<sub>1</sub>へ導かれ、各々ハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9で受光される。

第19図の構成は、第10図、第13図に示す実施例と共に本発明のロータリーエンコーダーに於る最も簡便な構成の一つである。

以上説明した各実施例は透過回折光を利用して干渉縞を得るものであったが、次に反射回折光を利用する形態の一例を第19図～第20図に示す。反射回折光を利用する形態の特長としては、光源、レンズ、ミラー等の各要素を放射格子を備えた円板の一方の側に全て配置出来ることであり、装置構成上優型に出来るメリットがある。尚第19図～第20図に於て、前記実施例と同様の要素には同じ符号を付しており、10''は反射鏡、15、15'は結像レンズで、放射格子7から焦点距離だけ離れて

20

配されている。又、16は台形プリズムの貼り合わせから成る光学部材、17は光学部材16の接合面、18及び18'は光学部材16の斜面を成す反射面、19、19'は光束入射面を示している。

第19図の実施例では、光源1から出射した可干渉性光束をビームスプリッター13で2分割し、一方の光束を更にハーフミラー13'で更に2分割して各々の光束を反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>により所定の角度で点M<sub>1</sub>へ入射させる。一方、他方の光束は反射鏡10を介してハーフミラー13'で更に2分割して各々の光束を反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>により所定の角度で点M<sub>2</sub>へ入射させる。そして点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った特定次数の反射回折光を各々反射鏡10'、10''により受光素子9、9'へ導いて独立に干渉縞を形成し、測定している。

第20図の実施例では光源1から出射した可干渉性光束をハーフミラー13で2分割し、このハーフミラー13を透過して放射格子7へ垂直に指向される光束は結像レンズ15の光軸上を進み点M<sub>1</sub>へ入

21

—178—

22

特開昭62-200225(7)

射する。一方、ハーフミラー13で反射した光束は反射鏡10へ導かれて、反射鏡10により90°偏向され放射格子7へ垂直に指向され、この光束も結像レンズ15'の光軸上を進み点M<sub>1</sub>へ入射する。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する相異なる次数の回折光は各々結像レンズ15及び15'を介して平行光束となり、点M<sub>1</sub>から出射した2つの回折光は直接ハーフミラー13へ、点M<sub>2</sub>から出射した2つの回折光は反射鏡10を介してハーフミラー13へ導かれる。ハーフミラー13では点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射した回折光同志が重ね合わされ、2組の重ね合わされた光束が受光素子9で受光され干渉縞を形成する。本実施例では結像レンズを用いる事により、他の反射鏡等を省略することが出来、光学系が極めて簡略化されている。

第21図は第15図の実施例の変形例を示すものであり、第15図に示す方法と同様の方法で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に所定の角度で2光束を入射させ、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から重なり合って出射する反射回折光を反射鏡10'、10''を用いて各々同一の受光

素子9で受光している。

第22図は第20図の実施例の変形例を示すものであり、第20図に示す方法と同様の方法で得た2組の重ね合わされた光束を各々独立の2つの受光素子9及び9'で受光している。

第23図は第22図の実施例の変形例を示すものであり、結像レンズ15及び15'の代わりに各々ハーフミラー13'、13''、及び反射鏡14'、14''を用いて第22図と同様の測定を行うものである。

第24図は第23図の実施例の変形例を示すものであり、第23図と同様の方法で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に光束を垂直入射させ、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から各々出射する相異なる特定次数の反射回折光を重ね合わせて各々受光素子9及び9'に導光させている。

第25図の実施例では、使用する各要素を殆ど放射格子7を傾えた円板上方の空間に納める事が出来、装置全体の小型化が可能なる一実施例である。本実施例では光源1から出射した可干渉性光束を放射格子7の中心位置上方に配したハーフミラー

2 3

13により2分割し、一方の光束は反射鏡10、14、そして結像レンズ15を介して点M<sub>1</sub>へ入射させ、他方の光束は反射鏡10'、14'そして結像レンズ15'を介して点M<sub>2</sub>へ入射させている。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する相異なる特定次数の反射回折光は各々結像レンズ15及び15'を介して元の光路と平行に逆行し、ハーフミラー13で点M<sub>1</sub>から出射した回折光と点M<sub>2</sub>から出射した回折光同志が重ね合わされ2組の光束が受光素子9へ導かれ干渉縞が測定される。尚、ここで各々の光束に対して独立の受光素子で受光しても良い。本実施例では光源1から出射しハーフミラー13で分割されて最終的に受光素子で受光される複数の光束が等光路長を有している為、周囲の温度変化等の耐環境性に優れた簡便なロータリーエンコーダーを提供出来る。

第26図の実施例は、台形プリズムを2つ貼り合わせて構成した光学部材16を用い、簡便性と光学系の簡便化を図ったものである。ここで、光学部材16の接合面17と光束入出射面18の少なくとも一

2 4

部は半透鏡から成り、台形の斜面18、18'は反射面となっている。

光源1から出射した可干渉性光束はプリズマレンズ2により平行光束となり光学部材16に入射する。光学部材16に入射した光束は反射面16で反射され、接合面17で透過光束と反射光束に2分割される。この2つの光束は各々光束入射面19、19'、反射面18、18'、光束入出射面19、19'の順に各々指向され、反射鏡10及び10'に導かれて結像レンズ15及び15'により各々点M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>へ入射する。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する相異なる特定次数の回折光は結像レンズ15及び15'を介して平行光束となり元の光路と平行に逆行する。即ち、ここでも結像レンズ15及び15'はその焦点面に放射格子7が存する様に配されている。さて、点M<sub>1</sub>から出射し平行光束となった2つの回折光は光学部材16に入射し、反射面18、光束入出射面19、接合面17、反射面18'、光束入出射面19'を介して受光素子9に導かれ、点M<sub>2</sub>から出射し平行光束となった2つの回折光は光学部材

2 5

—179—

2 6



特開昭62-200225(8)

15に入射し、反射面18、光束入射面19、接合面17で反射し、反射面16、光束入射面18'を介して受光素子9に指向される。受光素子9では点M<sub>1</sub>から出射した回折光と点M<sub>2</sub>から出射した回折光とが重なり合った2組の光束を受光し、各々の光束で得られる干渉縞を同時に検出することにより、放射格子の偏心の影響を軽減した測定を可能にしている。

以上説明した数々の実施例は全て点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>の2点から出射する回折光を利用しているが、前述の様に3点以上の複数位置からの回折光を利用し、3個以上の干渉縞を少なくとも1個の受光素子で検出しても良い。又、個々の実施例で示されている様に、ハーフミラー等の充分割捨が多用されているが、ハーフミラーを用いる代わりに偏光ビームスプリッターと波長板等と適切に組合わせて光束の利用効率を上げることが可能である。又、以上の各実施例に於ける測定精度は第4図の実施例の約1/2となるが、再度回折光を生じせしめる場合に比べて両面から受ける温度等の測定

への影響は小さくて済む利点がある。

又、上述した実施例ではいずれも、ある点で生じた複数の透過又は反射回折光をミラーを介し再経路同一点に戻して再回折光同相を重ね合わせているが、例えばある点で生じた複数の回折光を直接重ね合わせて受光手段に導いても良い。又、ある点に所定の角度で2光束を入射させ、この点から出射する特定次数の回折光を重ね合わせても良い。この2通りの方法によれば上記実施例の4の精度しか得られないが、用途によっては十分に適用可能なロータリーエンコーダーを提供できる。

尚、本発明において使用する回折格子は、透光部と遮光部から成る所謂縞幅型の回折格子、互いに異なる屈折率を有する部分から成る位相型の回折格子である。特に位相型の回折格子は、例えば透明円盤の円周上に凹凸のレリーフパターンを形成することにより作成出来、エンボス、スタンパ等のプロセスにより製造が可能である。

(発明の効果)

本発明によれば回折格子上の相異なる複数の位

27

置に光束を入射させ各々の位置で回折した2つの特定次数の回折光束による複数の干渉縞の強度を各々検出することにより、回転物体の回転中心と回折格子を放射状に両側に對んだ放射格子の中心との偏心誤差による測定精度の低下を防止した高精度のロータリーエンコーダーを達成することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の光学系の概略図、第2図は第1図の一部の拡大図、第3図～第10図は各々本発明の他の実施例の光学系の概略図、第11図は従来の光電的ロータリーエンコーダーの概略図である。図中1はレーザー、2はコリメーターレンズ、3は偏光ビームスプリッター、4、8は波長板、7は放射格子、5、6、5'、6'、10は各々反射鏡、9、9'は各々受光素子である。

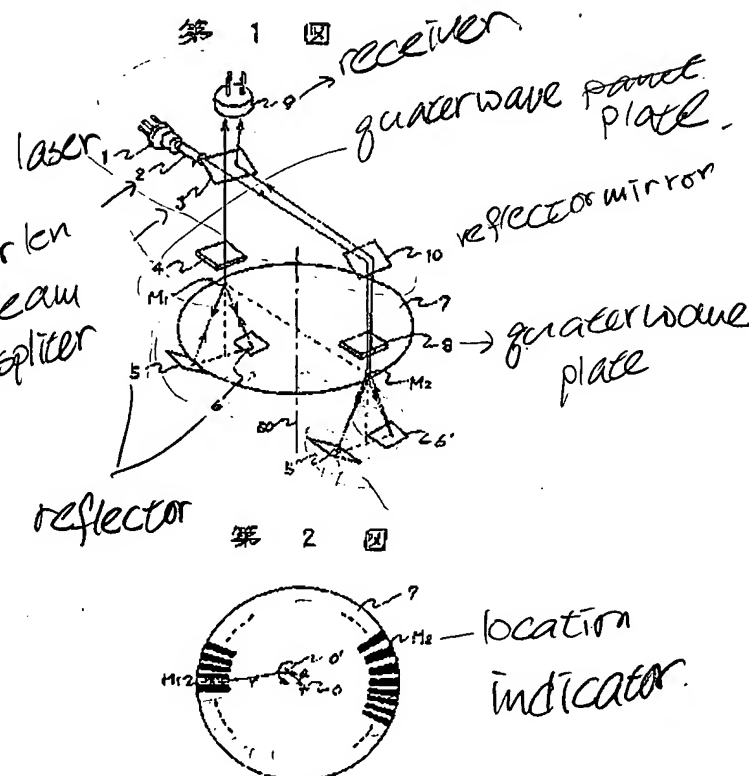
特許出願人 キヤノン株式会社

代理人 高 橋 幸 雄



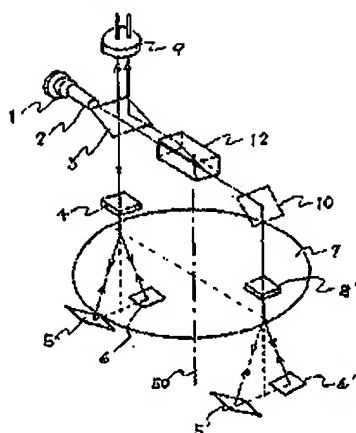
29

-180-

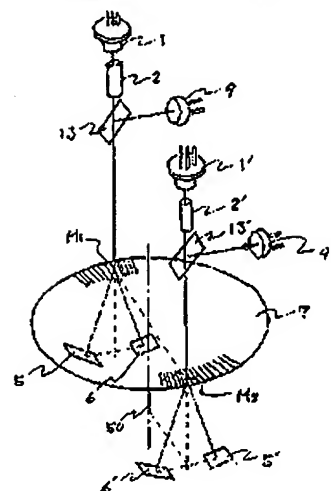


特開昭62-200225(Θ)

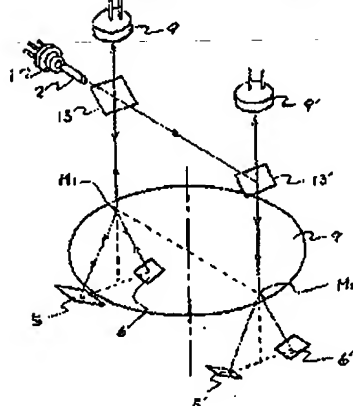
第 3 圖



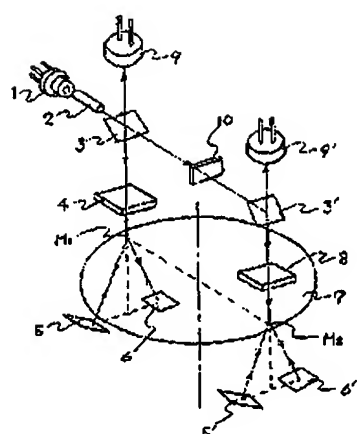
第 4 圖



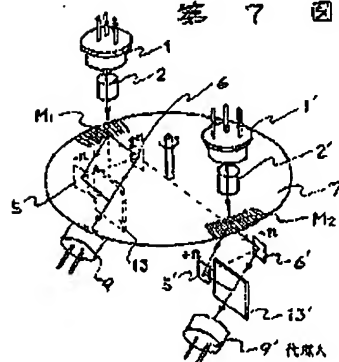
第 6 圖



第 5 圖

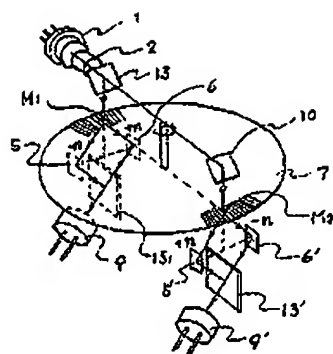


第 7 圖

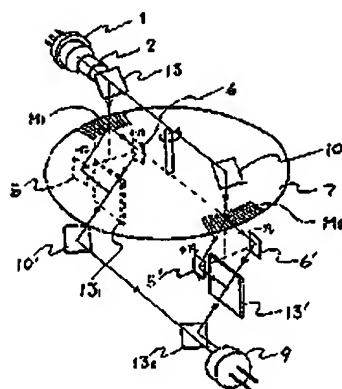


特開昭62-200225 (10)

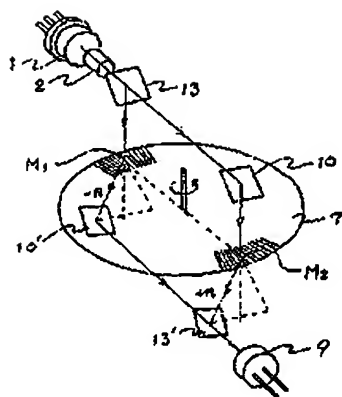
第 8 圖



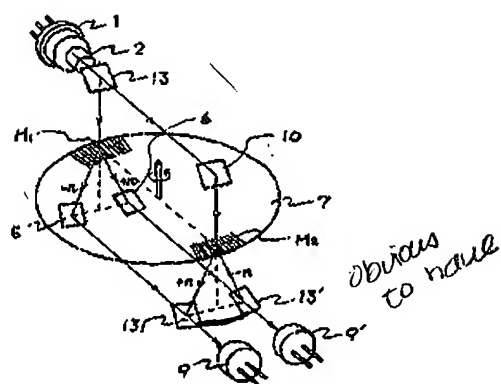
第 9 圖



第 10 圖

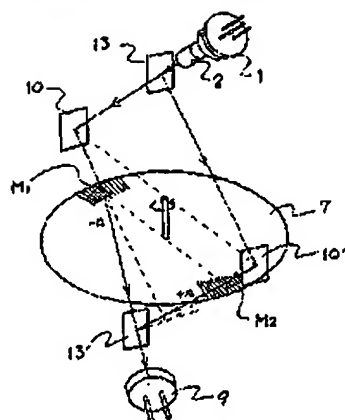


第 11 圖

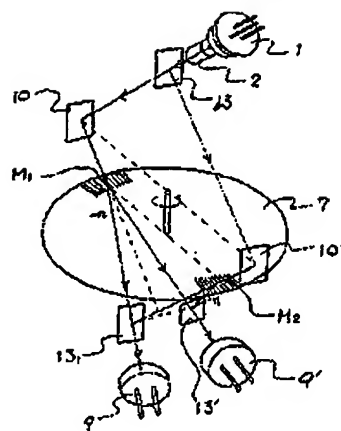


特開昭62-200225(11)

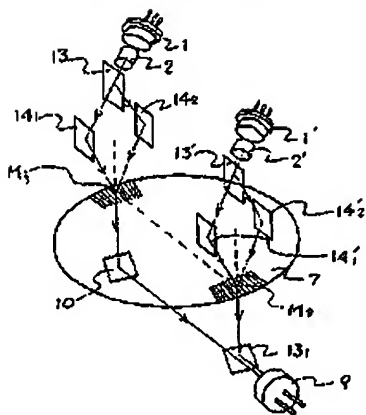
第 12 圖



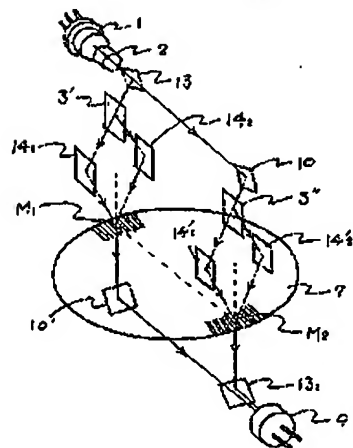
第 13 圖



第 14 圖

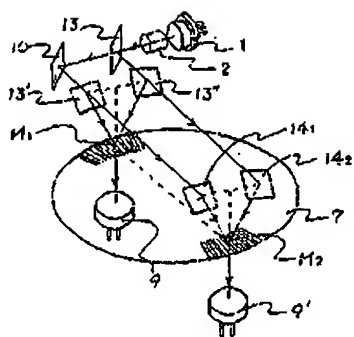


第 15 圖

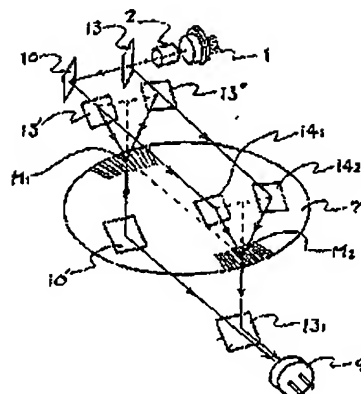


特開昭62-200225 (12)

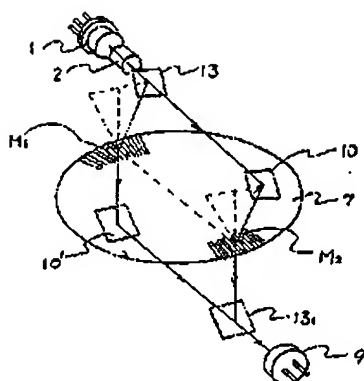
第 16 図



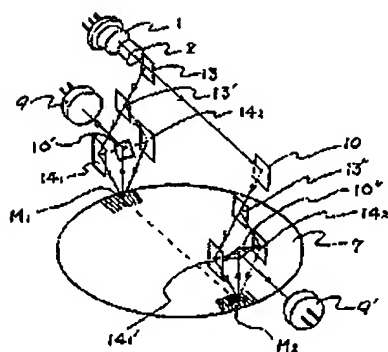
第 17 図



第 18 図

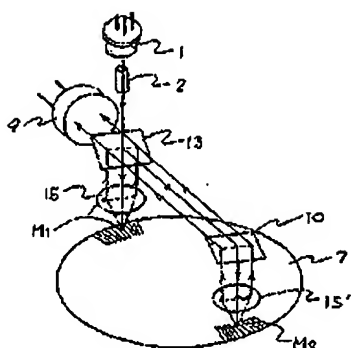


第 19 図

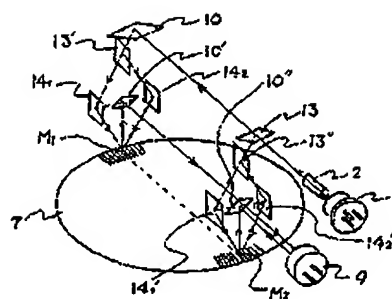


特開昭62-200225(13)

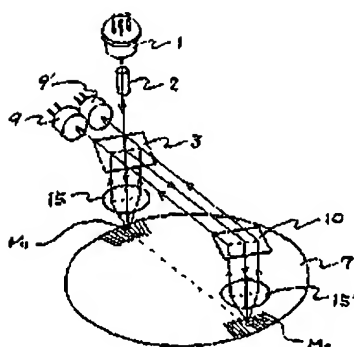
第 20 圖



第 21 圖

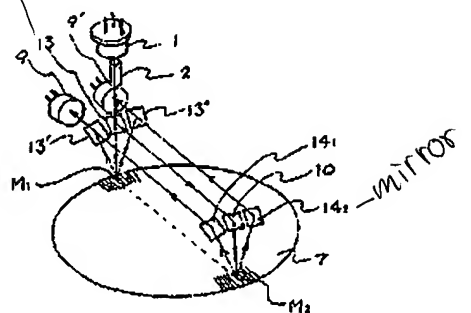


第 22 圖



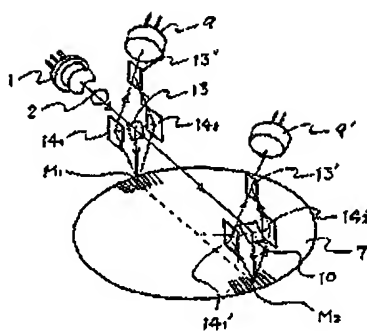
beam splitter  
or half mirror

第 23 圖

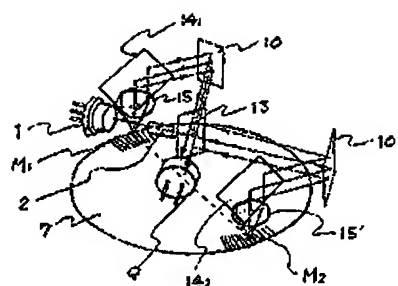


特開昭62-200225(14)

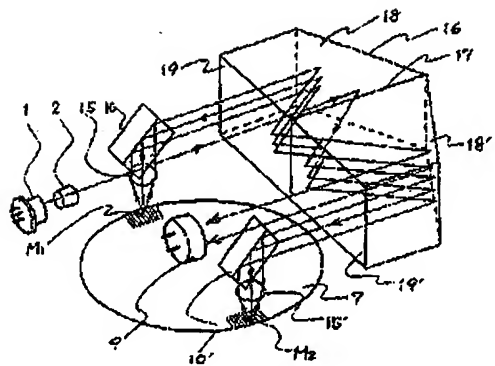
第 24 図



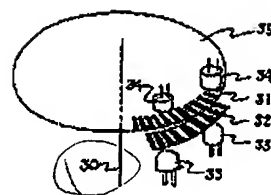
第 25 図



第 26 図



第 27 図



## ROTARY ENCODER

Patent Number: JP62200225  
Publication date: 1987-09-03  
Inventor(s): ISHIZUKA AKIRA; others: 01  
Applicant(s): CANON INC  
Requested Patent: ☐ JP62200225  
Application Number: JP19860042678 19860227  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G01D5/38; G01P3/486  
EC Classification:  
Equivalents:

---

### Abstract

---

**PURPOSE:** To prevent a measuring accuracy from being decreased by the eccentric error between the rotational center of a rotating object and the center of a radial grating by letting light beams be incident upon a plurality of positions different from one another on a diffraction grating.

**CONSTITUTION:** In two light beams split by a polarization beam splitter 3, a transmitted light beam is reflected by a reflecting mirror 10 and made a circular polarization via a quarter wavelength plate 8 to be projected upon a position M2 approximately point-symmetrically situated relative to a position M1 on a radial grating 7 on a disc. Two diffracted light beams of specific orders in the transmitted and diffracted light beams incident upon and diffracted by the radial grating 7 are reflected by reflecting means 5.. and 6.. so as to return in a light path somewhat different from an incident path and are again let be incident upon the neighborhood of the position M2 on the radial grating 7. In this case, a light receiving element 9 detects the intensity of interference fringes generated by the two diffracted light beams of + or -n-th orders that have passed the point M1 on the radial grating 7 and likewise detects the intensity of interference fringes due to the two diffracted light beams that have passed the point M2 and its neighborhood. The eccentric error between the centers of a rotating object and the radial grating is reduced by detecting the interference fringes obtained by a plurality of the points on the radial grating by substantially the same light receiving means.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-200225

⑮ Int. Cl.

G 01 D 5/38  
G 01 P 3/486

識別記号

庁内整理番号

A-7905-2F  
Z-8203-2F

⑬ 公開 昭和62年(1987)9月3日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全14頁)

⑭ 発明の名称 ロータリーエンコーダー

⑯ 特 願 昭61-42678

⑰ 出 願 昭61(1986)2月27日

⑱ 発 明 者 石 塚 公 川崎市高津区下野毛770番地 キヤノン株式会社玉川事業  
所内⑲ 発 明 者 西 村 哲 治 川崎市高津区下野毛770番地 キヤノン株式会社玉川事業  
所内

⑳ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

㉑ 代 理 人 弁理士 高梨 幸雄

## 明 細 書

ロータリーエンコーダーに関するものである。

## 1. 発明の名称

ロータリーエンコーダー

(従来の技術)

## 2. 特許請求の範囲

可干渉性の複数の光束を回転物体に連結した円板上の放射格子上の異なる複数の位置に入射させ前記放射格子からの特定次数の複数の回折光を重ね合わせ、そして受光手段に導光し、該受光手段からの出力信号を利用して前記回転物体の回転状態を求めたことを特徴とするロータリーエンコーダー。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はロータリーエンコーダーに関し、特に円周上に例えば透光部と反射部の格子模様の回折格子を複数個、周期的に刻んだ放射格子を回転物体に取付け、該放射格子に例えばレーザーからの光束を照射し、該放射格子からの回折光を利用して、放射格子若しくは回転物体の回転速度や回転速度の変動量等の回転状態を光電的に検出する

従来のよりフロッピーデスクの駆動等のコンピュータ機器、プリンター等の事務機器、あるいはNC工作機械さらにはVTRのキャプステンモーターや回転ドラム等の回転機構の回転速度や回転速度の変動量を検出する為の手段として光電的なロータリーエンコーダーが利用されてきている。

光電的なロータリーエンコーダーは例えば第27図に示すように回転軸30に連結した円板35の周囲に透光部と遮光部を等間隔に設けた、所謂メインスケール31とこれに対応してメインスケールと等しい間隔で透光部と遮光部とを設けた所謂固定のインデックススケール32との双方のスケールを投光手段33と受光手段34で挟んで対向配置した所謂インデックススケール方式の構成を採っている。この方法はメインスケールの回転に伴って双方のスケールの透光部と遮光部の間隔に同期した信号が得られ、この信号を周波数解折して回転軸

の回転速度の変動を検出している。この為、双方のスケールの透光部と遮光部とのスケール間隔を細かくすればする程、検出精度を高めることができる。しかしながらスケール間隔を細かくすると回折光の影響で受光手段からの出力信号のS/N比が低下し、検出精度が低下してしまう欠点があった。この為メインスケールの透光部と遮光部の格子の総本数を固定させ、透光部と遮光部の間隔を回折光の影響を受けない程度まで拡大しようとするメインスケールの円板の直径が増大し更に厚さも増大し装置全体が大型化し、この結果被検回転物体への負荷が大きくなって来る等の欠点があった。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明は被検回転物体の負荷が小さく、装置全体の小型化が容易で、しかも回転状態を高精度に検出することのできるロータリーエンコーダーの提供を目的とする。

特に回折格子上の相異なる複数の位置に光束を入射させることにより、回転物体の回転中心と回

折格子を放射状に周期的に刻んだ所謂放射格子の中心との偏心誤差による測定精度の低下を防止したロータリーエンコーダーの提供を目的とする。  
(問題点を解決するための手段)

可干渉性の複数の光束を回転物体に連結した円板上の放射格子上の異なる複数の位置に入射させ前記放射格子の異なる位置からの特定次数の回折光を各々重ね合わせ、そして複数の重ね合わされた光を受光手段に導光し、該受光手段からの出力信号を利用して前記回転物体の回転状態を求めたことである。

この他、本発明の特徴は実施例において記載されている。

(実施例)

第1図は本発明の一実施例の光学系の概略図である。

本実施例ではレーザー1より放射された光束をコリメーターレンズ2によって平行光束とし偏光ビームスプリッター3に入射させ、略等光量の反射光束と透過光束の2つの直線偏光の光束に分割

3

している。このうち反射した光束は $\lambda/4$ 波長板4を経て円偏光とし、被測定回転物体と連結した円板上の放射状の回折格子が設けられている放射格子7の位置 $M_1$ に入射させている。そして放射格子7に入射し回折した透過回折光のうち特定次数の例えば $\pm m$ 次の2つの回折光を反射手段5、6により反射させ、同一光路を逆行させ放射格子7上の略同一位置 $M_1$ に再入射させている。そして放射格子7により再回折された特定次数の $\pm m$ 次の2つの回折光を $\lambda/4$ 波長板4を介して入射したときと90度偏光方位の異なる直線偏光とし偏光ビームスプリッター3に入射させた後、受光素子9に導光させている。

本実施例では偏光ビームスプリッター3から反射手段5、6に至る特定次数の回折光の往復光路を同一としている。

一方、偏光ビームスプリッター3で分割された2つの光束のうち透過した光束は反射鏡10で反射させ $\lambda/4$ 波長板8を介し円偏光とし、円板上の放射格子7上の位置 $M_1$ と回転軸50に対して略点对称

4

の位置 $M_2$ に入射させている。そして放射格子7に入射し回折した透過回折光のうち特定次数の2つの回折光を反射手段5'、6'により入射光路と多少異った光路となるように逆行させて、放射格子7の位置 $M_2$ 近傍に再入射させている。そして放射格子7より再回折された特定次数の2つの回折光を $\lambda/4$ 波長板8を介し入射したときとは90度偏光方位の異なる直線偏光とし偏光ビームスプリッター3に入射させた後、受光素子9の前述の点 $M_1$ を通過した回折光の入射位置と異った位置に導光させている。即ち本実施例では受光素子9は放射格子7上の点 $M_1$ を通過してきた $\pm m$ 次の2つの回折光による干渉縞の強度を検出すると共に点 $M_2$ 及びその近傍を通過してきた $\pm m$ 次の2つの回折光による干渉縞の強度も同様に検出している。従って、後述する回転物体と放射格子の中心との偏心誤差は、放射格子上の複数個の点で得られる干渉縞を実質的に同一の受光手段で検出することにより軽減される。又、 $M_1$ 及び $M_2$ から出射する回折光の重ね合わせにより得られる各々

の干渉縞を別個の検出器で検出し、各々の検出器で得られる信号を電氣的に平均化しても同一の受光手段で同時検出する場合同様の効果が得られる。このうち例として点 $M_1$ を通過した2つの回折光による干渉縞と回転物体との関係について以下述べる。

回折光束の位置 $M_1$ における透光部及び反射部のピッチを $P$ とすれば $\pm m$ 次の回折光 $L_1, L_2$ の回折角度 $\theta_m$ は

$$\sin \theta_m = n \lambda / P \quad \dots\dots (1)$$

で表わされる。ここで $\lambda$ は光束の波長である。一方、測定点 $M_1$ での放射格子7の周速度を $v$ とすれば $\pm m$ 次の回折光 $L_1, L_2$ の周波数は

$$\Delta f = \pm v \sin \theta_m / \lambda \quad \dots\dots (2)$$

で表わされるが、所謂トップラシフトを受ける。 $\pm m$ 次の回折光 $L_1, L_2$ は反射鏡5, 6で反射し、元の光路を戻り放射格子7で再度回折され $\pm m$ 次の回折光となって双方の回折光は重なり合い元の光路を戻る。このとき再度(2)式で示すトップラシフトを受けるので $\pm m$ 次の回折光

7

となり、回折次数 $m$ 、分割数 $N$ 、回転数 $f$ で表わされる。そして第1図に示すように受光素子9からの出力信号を例えばコンパレータなどを通して2値化し、周波数-電圧変換器等によって周波数解析して表示すれば周波数 $F$ が求められ、回転物体の回転速度の変位量を求めることができる。尚(3)式より明らかなように周波数 $F$ を波長と無関係に求めることができるので光源としてレーザーに限らずどのような光源であっても使用することができる。

一方、従来から使用されているインデックススケール方式の光電式ロータリーエンコーダーでは受光素子からの出力信号の周波数 $F'$ は $F' = N f$ である。従って本発明によれば従来例に比べて $4m$ 倍の精度で周波数 $F$ の検出が出来ることになる。

第2図は第1図の一部分の放射格子7上の光束の照射位置 $M_1, M_2$ と放射格子7の中心と被検回転物体の回転中心との偏心の説明図である。

本実施例においては放射格子7上の回転中心に

$L_1, L_2$ のトップラシフトは合計 $\pm 2 \Delta f$ となる。そして元の光路を戻って4波長板4を再び通過し直線偏光となり偏光ビームスプリッター3で反射され受光素子9で受光される。

受光素子9には $\pm m$ 次の回折を2回受けた光束が重ね合わされて入射してくる為、受光素子9の出力信号の周波数 $F$ は $F = 2 \Delta f - (-2 \Delta f) = 4 \Delta f$ となる。

つまり、受光素子9の出力信号の周波数 $F$ は $F = 4 \Delta f = 4 v \sin \theta_m / \lambda$ となり(1)式の回折条件の式から出力信号の周波数 $F$ は

$$F = 4 m v / P$$

となる。ここで、回転角速度を $\omega$ 、回転軸7の回転数を $f$ 、放射格子7の格子の等角度のピッチを $\Delta \phi$ 、透光部と反射部の格子の分割数(総本数)を $N$ 、レーザーの照射位置 $M_1$ での半径を $r$ とすれば、 $v = r \omega$ 、 $\omega = 2 \pi f$ 、 $P = r \Delta \phi$ 、 $\Delta \phi = 2 \pi / N$ の関係式から結局、受光素子の出力信号の周波数 $F$ は

$$F = 4 m N f \quad \dots\dots (3)$$

8

関して略点对称な2点 $M_1, M_2$ を照射点、つまり測定点とし放射格子7の中心と被検回転物体の回転中心との偏心の影響を軽減している。即ち、放射格子7の中心と回転中心とを完全に一致させることは困難であり、両者の偏心は避けられない。例えば第2図に示すように放射格子7の中心 $O$ と回転中心 $O'$ との間に、偏心量が $a$ だけあったとき、回転中心から距離 $r$ の位置にある測定点 $M_1$ でのドップラー周波数シフトは偏心がないときと比べて、 $r / (r + a)$ から $r / (r - a)$ まで変化する。

一方このとき位置 $M_1$ と回転中心に対して点对称な位置にある測定点 $M_2$ での周波数シフトは位置 $M_1$ での変化とは逆に $r / (r - a)$ から $r / (r + a)$ まで変化するから、位置 $M_1, M_2$ と同時に2点を測定点とすることによって偏心の影響を軽減することができ、この結果、高精度に回転速度を検出することができる。

本実施例において被測定回転物体が放射格子7の1ピッチ分だけ回転すると $m$ 次の回折光の位相

は  $2m\pi$  だけ変化する。同様に放射格子7により再回折された  $n$  次の回折光の位相は  $2n\pi$  だけ変化する。これにより全体として受光素子からは  $(2m - 2n)$  個の正弦波形が得られる。本実施例ではこのときの正弦波形を検出することにより回転量を測定している。

例えば回折格子のピッチが  $3.2\mu\text{m}$ 、回折光として1次及び-1次を利用したとすれば回転物体がピッチの  $3.2\mu\text{m}$  分だけ回転したとき受光素子からは4個の正弦波形が得られる。即ち正弦波形1個当りの分解能として回折格子の1ピッチの  $\frac{1}{4}$  の  $\frac{3.2}{4} = 0.8\mu\text{m}$  が得られる。

尚、本実施例に於る構成は略点对称な2点からの回折光を利用しているわけであるが、略点对称に限らず複数の位置からの回折光を用いることにより略同等の効果をを得ることが出来る。例えば、互いに  $120^\circ$  の角度を成す3点からの回折光を利用したり、近接しない任意の2点からの回折光を利用するのも有効である。

前述した実施例では  $\pm m$  次の2つの回折光を用

いた場合を示したが  $\pm m$  次の回折光の代わりに次数の異った2つの回折光を用いても良い。又、放射格子上の格子模様を反射部のみで構成し反射回折光のみを用いるようにしても良い。

尚、本実施例において受光素子9に入射する光量は多少減少するが偏光ビームスプリッター3の代わりに単なるビームスプリッターを用いても良い。このときは波長板4、8は不要となる。

第1図に示す実施例においては点  $M_2$  で回折された光束を反射鏡  $5'$ 、 $6'$  により入射光路より多少ずれた光路を通るようにして放射格子7面上に戻しているが、第3図に示すように反射鏡  $5'$ 、 $6'$  により反射した回折光を入射光路と全く同一に戻し、その代わりに偏光ビームスプリッター3と反射鏡10との間に偏光分離プリズム12(ビームスプリッターを用いたときは分離プリズム)を配置し、受光素子9への入射位置を点  $M_1$  からくる回折光の入射位置と分離するようにしても良い。

第1図、第3図の実施例では光源と受光素子を

1 1

共に1つ用いた場合について示したが光源の数及び受光素子の数は特に限定されるものではない。

第4、第5、第6図は各々本発明の他の実施例の光学系の概略図である。

第4図は光源と受光素子の組を2つ用いて各々の組により放射格子7の2つの点  $M_1$ 、 $M_2$  に独立に入射させた場合である。図中1'は光源、2'はコリメーターレンズ、13'はビームスプリッター、9'は受光素子である。

第5図、第6図は光源を1つとし受光素子を2つ用いた場合である。第5図の実施例では点  $M_2$  で回折され戻ってくる回折光束を偏光ビームスプリッター3'を通過させて他方の受光素子9'に導光させている。

尚、10'は波長板である。

第6図の実施例では第5図の実施例における偏光ビームスプリッター3、3'の代わりにビームスプリッター13、13'を用いた場合であり、本実施例では波長板及び波長板は不要となる。

尚第3図から第6図において第1図で示した要

1 2

素と同一要素には同符番を付してある。

第7図～第18図は本発明の更なる実施例の光学系の概略図で、第1図～第6図で示した実施例とは異なり、ある位置(例えば点  $M_1$ 、 $M_2$ )から出射した回折光を再度ミラー等で同一位置に再入射させる事なく、そのまま重ね合わせて受光手段に導く構成を採っている。従って、第7図～第18図で示す各実施例は第1図～第6図の実施例に比較して精度は多少低下するが、精度がそれほど要求されない用途に対しては有効である。

尚、ここで示す実施例は全て透過回折光を利用するものであるが反射回折光を利用するようにしても全く同様である。又、図中の符号は前記実施例と同一の要素には同符番を付しており、10'、14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>、14<sub>1</sub>'、14<sub>2</sub>'は反射鏡、13'、13''、13<sub>1</sub>はハーフミラーである。

次に各実施例を順を追って説明する。

第7図は第4図に示すロータリーエンコーダの変形例であり、光源1、1'と受光素子9、9'との組を2組用いて構成され、各々の光源

1. 1' から出射した可干渉性光束は点  $M_1$ ,  $M_2$  に入射して放射格子 7 により回折を受ける。点  $M_1$ ,  $M_2$  で各々回折した  $+n$  次と  $-n$  次の 2 つの回折光を互いにハーフミラー 13, 13' で重ね合わせた後、各々の受光素子 9, 9' の受光面に導いている。

第 8 図は第 7 図の実施例の変形例を示す図であり、第 4 図の実施例同様にハーフミラー 13 を介して光源 1 から出射した可干渉性光束を 2 分割して点  $M_1$ ,  $M_2$  に各々入射させており、その後は第 7 図に示す実施例と同様の構成で 2 つの受光素子 9, 9' へ重ね合わせた 2 つの回折光を各々導いている。

第 9 図は第 8 図の実施例の変形例を示す図であり、第 1 図の実施例同様に 1 つの光源と 1 つの受光素子を用いた場合である。本実施例ではミラー 10' とハーフミラー 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>, 13<sub>1</sub>' として 2 つのミラー 5, 5' を用いて点  $M_1$  での  $-n$  次回折光と点  $M_2$  での  $+n$  次回折光を重ね合わせ、又点  $M_1$  の  $+n$  次の回折光と点  $M_2$  での  $-n$  次の回折光を重

15

以上の各実施例では光源 1, 1' 又は / 及び受光素子 9, 9' に関する光学系の光軸が放射格子 7 が形成された円板の面と平行となっている為、特に薄型のロータリーエンコーダーを提供する事が出来る特徴がある。

第 12 図及び第 13 図に示す実施例では反射鏡やハーフミラー等の要素を極力取り除いた簡便な構成のロータリーエンコーダーの一例である。

第 12 図は第 10 図の実施例の変形例を示すものであり、光源 1 を放射格子 7 を有する円板に対し傾けて配し、光源 1 からの光束をハーフミラー 13 により所定角度で出射する 2 光束に分割し、分割された各々の光束を反射鏡 10 及び 10' を介して点  $M_1$ ,  $M_2$  に入射させる。そして点  $M_1$  から出射した  $-n$  次と点  $M_2$  からの  $+n$  次の回折光をハーフミラー 13' で重ね合わせて受光素子 9 へ導いている。

第 13 図は第 11 図の実施例の変形例を示すものであり、第 12 図同様の構成で点  $M_1$ ,  $M_2$  に光束を入射させ、点  $M_1$  から出射する  $-n$  次の回折光を

ね合わせて各々 1 つの受光素子 9 に導光している。

第 10 図は第 9 図の実施例の変形例を示す図で、光学部品数を減らして簡素化したものである。ここでは点  $M_1$  から出射した  $-n$  次の回折光を反射鏡 10' によりハーフミラー 13 へ導き、点  $M_2$  から出射した  $+n$  次の回折光とハーフミラー 13 を介して重ね合わせて受光素子 9 へ導いている。本実施例に於ても前述までの各実施例同様、放射格子の複数の位置（ここでは回転中心に対し略点对称位置）で生じた回折光同志を重ね合わせて干渉縞を形成している為、偏心の影響を小さく抑えることが出来る特徴がある。

第 11 図は第 8 図の実施例の変形例を示す図であり、点  $M_1$  から出射した  $\pm n$  次の回折光を反射鏡 5, 6 で各々ハーフミラー 13<sub>1</sub>, 13<sub>1</sub>' へ導き、点  $M_2$  で回折した  $\pm n$  次の回折光を同様にハーフミラー 13<sub>1</sub>, 13<sub>1</sub>' に導きハーフミラー 13<sub>1</sub> 及び 13<sub>1</sub>' で重ね合わせ、これらの回折光を受光素子 9, 9' に導光して互いに干渉縞を形成している。

16

ハーフミラー 13<sub>1</sub> へ導き、 $+n$  次の回折光はハーフミラー 13<sub>1</sub>' へ導いて、各々ハーフミラー 13<sub>1</sub> 及び 13<sub>1</sub>' を介して点  $M_2$  から出射した  $+n$  次及び  $-n$  次の回折光と重ね合わせて受光素子 9 及び 9' に導光している。本実施例では第 11 図の実施例に比べ反射鏡が一枚少なくなる利点がある。

次に、第 14 図～第 17 図の実施例では放射格子の同一位置に所定の入射角度で 2 光束を入射させ各々同一方向に重なり合った  $n$  次と  $-n$  次若しくは  $n$  次と  $m$  次の 2 つの回折光として出射させる場合を示す。従って以下の実施例では回折光を重ね合わせる為のハーフミラーを特に必要としない。第 14 図の実施例では 2 つの光源 1 及び 1' から出射して可干渉性光束を各々ビームスプリッター 13, 13' で 2 分割し、分割された一組の 2 光束を所定の角度（一般に回折格子のピッチで決まる  $\pm n$  次の回折角）で各々点  $M_1$  と点  $M_2$  に入射させる。この時、点  $M_1$  及び点  $M_2$  から出射する回折光は 2 光束の回折光が重なり合った光束で、点  $M_1$  から出射する光束を反射鏡 10 で反射させ

ハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9の受光面に導く。一方、点M<sub>2</sub>から出射する光束も同様にハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9の受光面に導く。従って、単一の受光素子9により2種類の干渉縞を測定し、放射格子の偏心による影響を少なくしている。

第15図の実施例は第14図の構成を簡便化して装置全体の簡素化を図ったものである。即ち、ここでは単一の光源1を用い、この光源1から出射する可干渉性光束をビームスプリッター13で最初に2分割し、反射鏡10、10'等を用いて点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に第14図に示す方法と同様の方法で光束を入射させ、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った回折光をハーフミラー13'を介し受光素子9に導光している。尚、第15図の実施例では光源1、コリメーターレンズ2等の光軸は放射格子7を備えた円板に対して平行となっている。

第16図の実施例は第14図、第15図の実施例に比べ更に装置全体の薄型化を図ったものである。即ち、ここでは単一の光源1から出射した可干渉性

光束をビームスプリッター13及び反射鏡10により互いに平行な光路を持つ2光束に分割し、各々の光路中にハーフミラー13'、13''及び反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>を配し、各々の光路から導入した2光束を所定の角度で点M<sub>1</sub>、点M<sub>2</sub>に入射させている。そして、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った回折光を受光素子9及び9'で受光し、干渉縞を測定している。

第17図は第16図の実施例の変形例を示す図である。ここでは、第16図に示す方法と同様の方法で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に2光束を入射させ、点M<sub>1</sub>から出射する重なり合った回折光を反射鏡10'でハーフミラー13<sub>1</sub>へ導き、点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った回折光を直接ハーフミラー13<sub>1</sub>へ導いて、各々ハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9で受光している。

第18図は第14図～第17図の実施例とは異なり、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>へ各々単一の光束を入射させる場合の実施例を示す。光源1から出射した可干渉性光束はハーフミラー13、反射鏡10によって所定

19

の角度で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に入射する。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>からは放射格子7に対し略垂直に所定次数の回折光が出射し、点M<sub>1</sub>から出射する回折光は反射鏡10'でハーフミラー13<sub>1</sub>へ導かれ、点M<sub>2</sub>から出射する回折光は直接ハーフミラー13<sub>1</sub>へ導かれ、各々ハーフミラー13<sub>1</sub>を介して受光素子9で受光される。

第18図の構成は、第10図、第12図に示す実施例と共に本発明のロータリーエンコーダーに於る最も簡便な構成の一つである。

以上説明した各実施例は透過回折光を利用して干渉縞を得るものであったが、次に反射回折光を利用する形態の一例を第19図～第26図に示す。反射回折光を利用する形態の特徴としては、光源、レンズ、ミラー等の各要素を放射格子を備えた円板の一方の側に全て配置出来ることであり、装置構成上薄型に出来るメリットがある。尚第19図～第26図に於て、前記実施例と同様の要素には同じ符号を付しており、10''は反射鏡、15、15'は結像レンズで、放射格子7から焦点距離だけ離れて

20

配されている。又、16は台形プリズムの貼り合わせから成る光学部材、17は光学部材16の接合面、18及び18'は光学部材16の斜面を成す反射面、19、19'は光束入出射面を示している。

第19図の実施例では、光源1から出射した可干渉性光束をビームスプリッター13で2分割し、一方の光束を更にハーフミラー13'で更に2分割して各々の光束を反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>により所定の角度で点M<sub>1</sub>へ入射させる。一方、他方の光束は反射鏡10を介してハーフミラー13''で更に2分割して各々の光束を反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>により所定の角度で点M<sub>2</sub>へ入射させる。そして点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する重なり合った特定次数の反射回折光を各々反射鏡10'、10''により受光素子9、9'へ導いて独立に干渉縞を形成し、測定している。

第20図の実施例では光源1から出射した可干渉性光束をハーフミラー13で2分割し、このハーフミラー13を透過して放射格子7へ垂直に指向される光束は結像レンズ15の光軸上を進み点M<sub>1</sub>へ入

射する。一方、ハーフミラー13で反射した光束は反射鏡10へ導かれて、反射鏡10により90°偏向され放射格子7へ垂直に指向され、この光束も結像レンズ15'の光軸上を進み点M<sub>2</sub>へ入射する。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する相異なる次数の回折光は各々結像レンズ15及び15'を介して平行光束となり、点M<sub>1</sub>から出射した2つの回折光は直接ハーフミラー13へ、点M<sub>2</sub>から出射した2つの回折光は反射鏡10を介してハーフミラー13へ導かれる。ハーフミラー13では点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射した回折光同志が重ね合わされ、2組の重ね合わされた光束が受光素子9で受光され干渉縞を形成する。本実施例では結像レンズを用いる事により、他の反射鏡等を省略することが出来、光学系が極めて簡素化されている。

第21図は第15図の実施例の変形例を示すものであり、第15図に示す方法と同様の方法で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に所定の角度で2光束を入射させ、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から重なり合って出射する反射回折光を反射鏡10'、10''を用いて各々同一の受光

素子9で受光している。

第22図は第20図の実施例の変形例を示すものであり、第20図に示す方法と同様の方法で得た2組の重ね合わされた光束を各々独立の2つの受光素子9及び9'で受光している。

第23図は第22図の実施例の変形例を示すものであり、結像レンズ15及び15'の代わりに各々ハーフミラー13'、13''及び反射鏡14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>を用いて第22図と同様の測定を行うものである。

第24図は第23図の実施例の変形例を示すものであり、第23図と同様の方法で点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>に光束を垂直入射させ、点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から各々出射する相異なる特定次数の反射回折光を重ね合わせて各々受光素子9及び9'に導光させている。

第25図の実施例では、使用する各要素を殆ど放射格子7を備えた円板上方の空間に納める事が出来、装置全体の小型化が可能なる一実施例である。本実施例では光源1から出射した可干渉性光束を放射格子7の中心位置上方に配したハーフミラー

2 3

13により2分割し、一方の光束は反射鏡10、14<sub>1</sub>、そして結像レンズ15を介して点M<sub>1</sub>へ入射させ、他方の光束は反射鏡10'、14<sub>2</sub>そして結像レンズ15'を介して点M<sub>2</sub>へ入射させている。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する相異なる特定次数の反射回折光は各々結像レンズ15及び15'を介して元の光路と平行に逆行し、ハーフミラー13で点M<sub>1</sub>から出射した回折光と点M<sub>2</sub>から出射した回折光同志が重ね合わされ2組の光束が受光素子9へ導かれ干渉縞が測定される。尚、ここで各々の光束に対して独立の受光素子で受光しても良い。本実施例では光源1から出射しハーフミラー13で分割されて最終的に受光素子で受光される複数の光束が等光路長を有している為、周囲の温度変化等の耐環境性に優れた簡便なロータリーエンコーダーを提供出来る。

第26図の実施例は、台形プリズムを2つ貼り合わせて構成した光学部材16を用い、量産性と光学系の簡便化を図ったものである。ここで、光学部材16の接合面17と光束入出射面19の少なくとも一

2 4

部は半透鏡から成り、台形の斜面18、18'は反射面となっている。

光源1から出射した可干渉性光束はコリメーターレンズ2により平行光束となり光学部材16に入射する。光学部材16に入射した光束は反射面16で反射され、接合面17で透過光束と反射光束に2分割される。この2つの光束は各々光束入射面19、19'、反射面18、18'、光束入出射面19、19'の順に各々指向され、反射鏡10及び10'に導かれて結像レンズ15及び15'により各々点M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>へ入射する。点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>から出射する相異なる特定次数の回折光は結像レンズ15及び15'を介して平行光束となり元の光路と平行に逆行する。即ち、ここでも結像レンズ15及び15'はその焦点面に放射格子7が存する様に配されている。さて、点M<sub>1</sub>から出射し平行光束となった2つの回折光は光学部材16に入射し、反射面18、光束入出射面19、接合面17、反射面18'、光束入出射面19'を介して受光素子9に指向され、点M<sub>2</sub>から出射し平行光束となった2つの回折光は光学部材

16に入射し、反射面18'、光束入出射面19'、接合面17で反射し、反射面18'、光束入出射面19'を介して受光素子9に指向される。受光素子9では点M<sub>1</sub>から出射した回折光と点M<sub>2</sub>から出射した回折光とが重なり合った2組の光束を受光し、各々の光束で得られる干渉縞を同時に検出することにより、放射格子の偏心の影響を軽減した測定を可能にしている。

以上説明した数々の実施例は全て点M<sub>1</sub>及び点M<sub>2</sub>の2点から出射する回折光を利用しているが、前述の様に3点以上の複数位置からの回折光を利用し、3個以上の干渉縞を少なくとも1個の受光素子で検出しても良い。又、個々の実施例で示されている様に、ハーフミラー等の光分割器が多用されているが、ハーフミラーを用いる代わりに偏光ビームスプリッターとλ/4波長板等を適切に組合わせて光束の利用効率を上げることも可能である。又、以上の各実施例に於る測定精度は第4図の実施例の約1/2となるが、再度回折光を生じせしめる場合に比べて周囲から受ける温度等の測定

への影響は小さくて済む利点がある。

又、上述した実施例ではいずれも、ある点で生じた複数の透過又は反射回折光をミラーを介し再度略同一点に戻して再回折光同志を重ね合わせているが、例えばある点で生じた複数の回折光を直接重ね合わせて受光手段に導いても良い。又、ある点に所定の角度で2光束を入射させ、この点から出射する特定次数の回折光を重ね合わせても良い。この2通りの方法によれば上記実施例の1/2の精度しか得られないが、用途によっては十分に適用可能なロータリーエンコーダーを提供できる。

尚、本発明において使用する回折格子は、透光部と遮光部から成る所謂振幅型の回折格子、互いに異なる屈折率を有する部分から成る位相型の回折格子である。特に位相型の回折格子は、例えば透明円盤の円周上に凹凸のレリーフパターンを形成することにより作成出来、エンボス、スタンパ等のプロセスにより量産が可能である。

(発明の効果)

本発明によれば回折格子上的相異なる複数の位

27

置に光束を入射させ各々の位置で回折した2つの特定次数の回折光束による複数の干渉縞の強度を各々検出することにより、回転物体の回転中心と回折格子を放射状に周期的に刻んだ放射格子の中心との偏心誤差による測定精度の低下を防止した高精度のロータリーエンコーダーを達成することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の光学系の概略図、第2図は第1図の一部分の説明図、第3図～第26図は各々本発明の他の実施例の光学系の概略図、第27図は従来の光電的ロータリーエンコーダーの説明図である。図中1はレーザー、2はコリメーターレンズ、3は偏光ビームスプリッター、4、8はλ/4波長板、7は放射格子、5、6、5'、6'、10は各々反射鏡、9、9'は各々受光素子である。

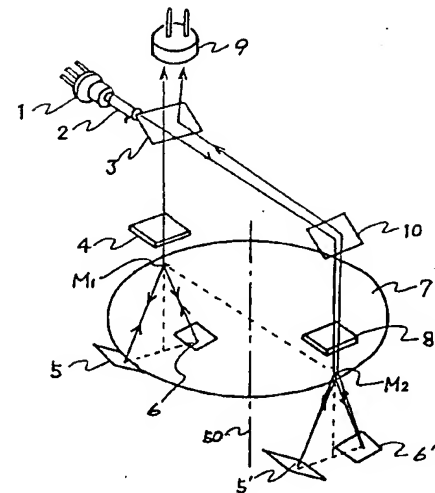
特許出願人 キヤノン株式会社

代理人 高梨幸雄

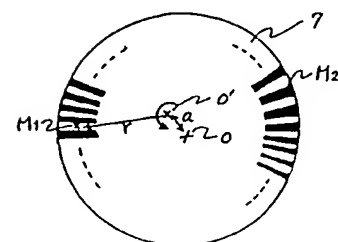


28

第 1 図

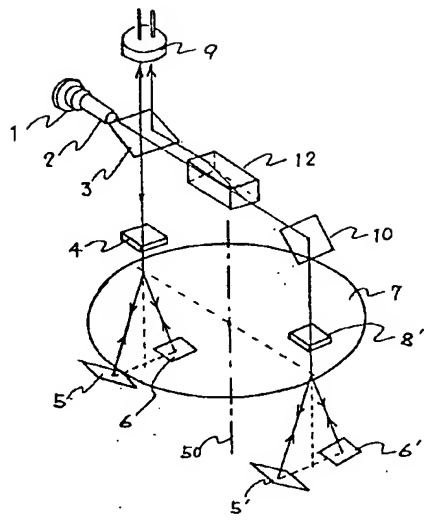


第 2 図

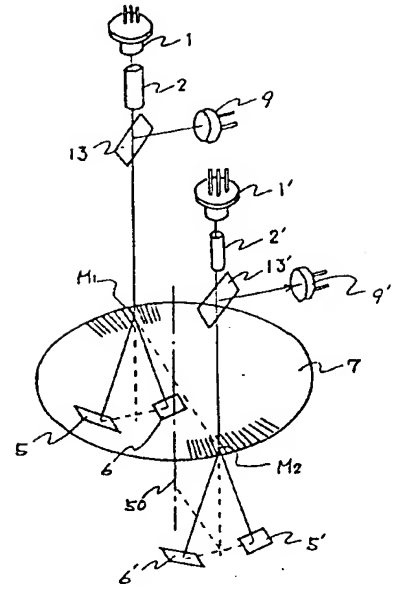




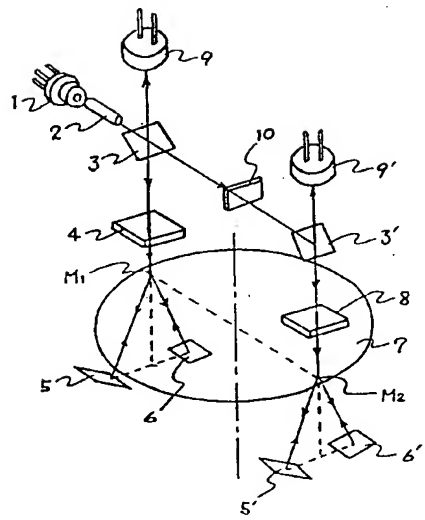
第 3 图



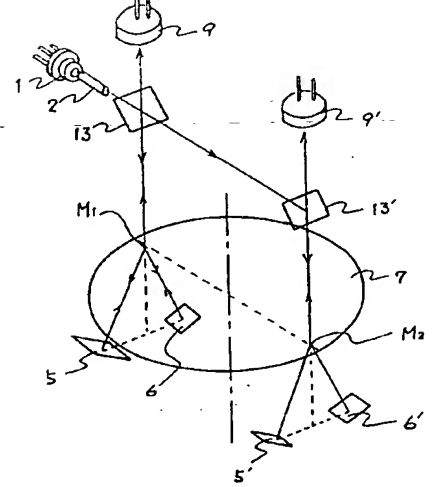
第 4 图



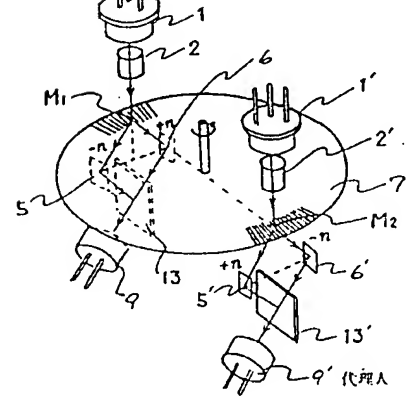
第 5 图



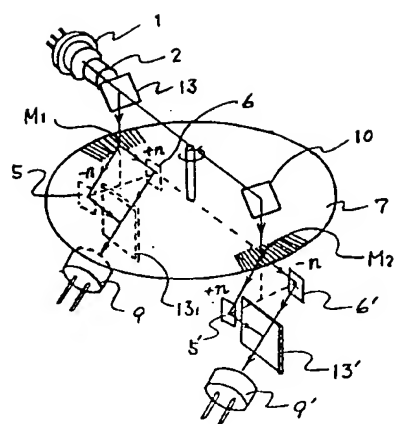
第 6 图



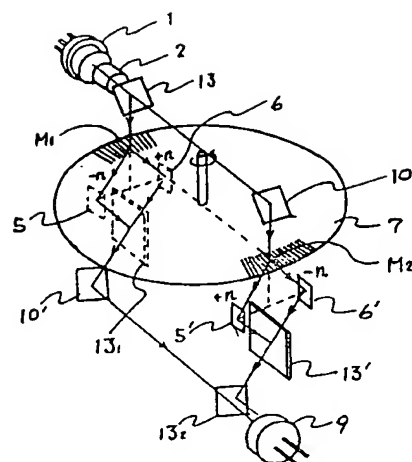
第 7 图



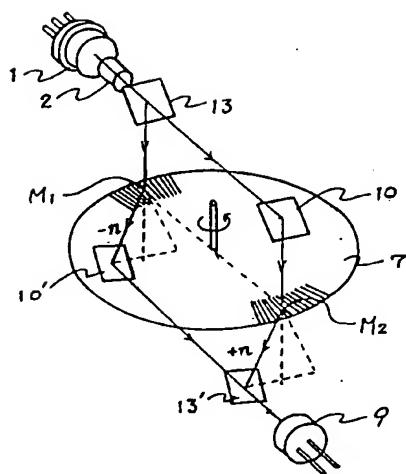
第 8 図



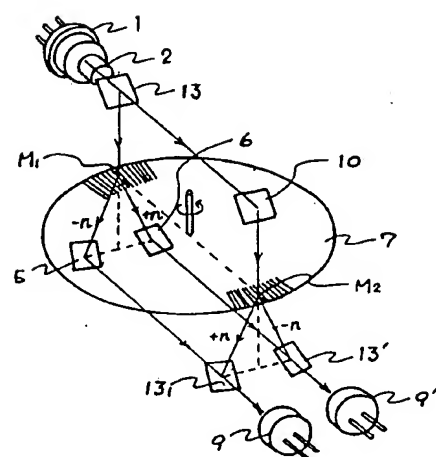
第 9 図



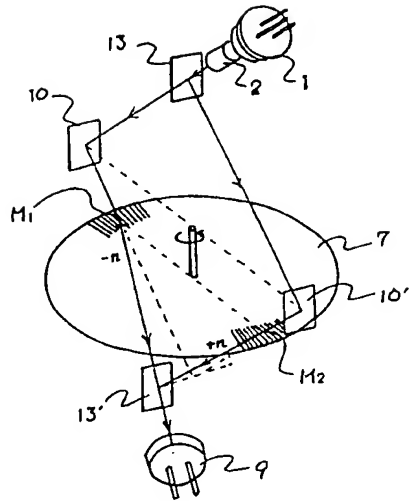
第 10 図



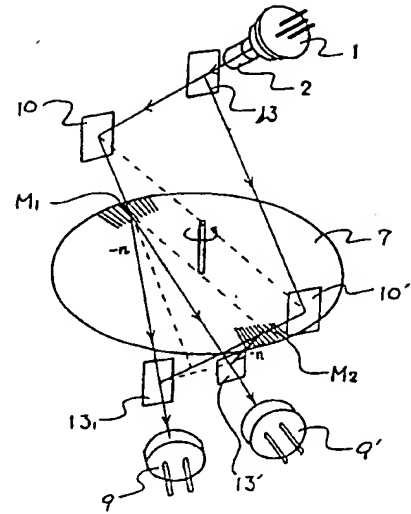
第 11 図



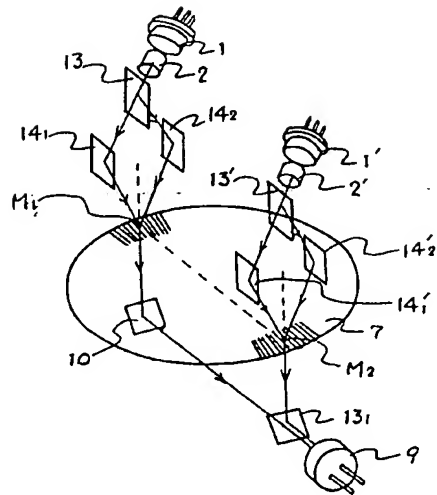
第 12 图



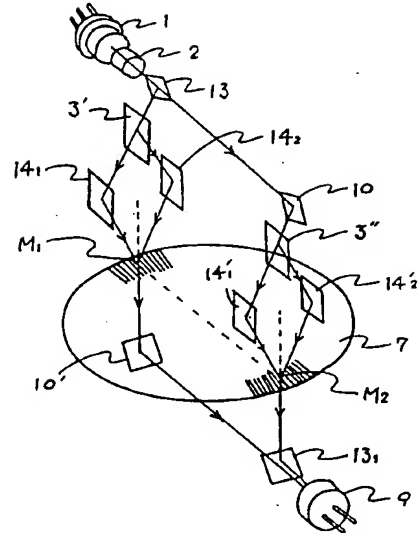
第 13 图



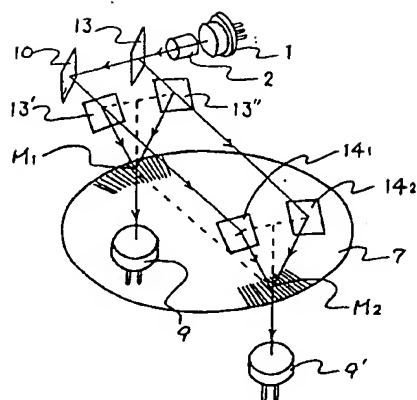
第 14 图



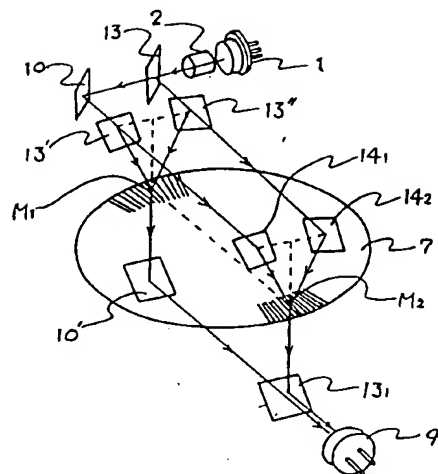
第 15 图



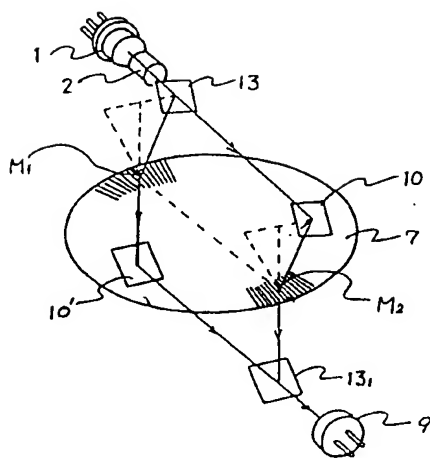
第 16 回



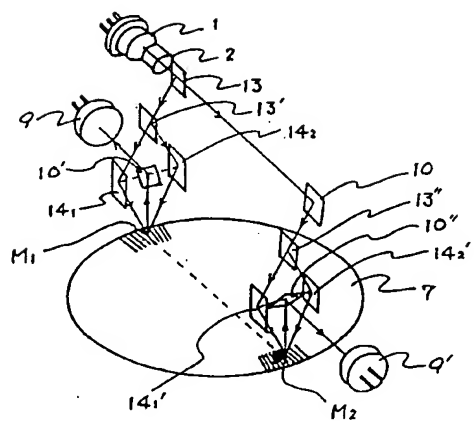
第 17 回



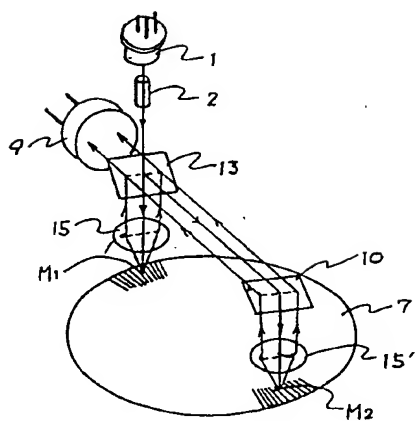
第 18 回



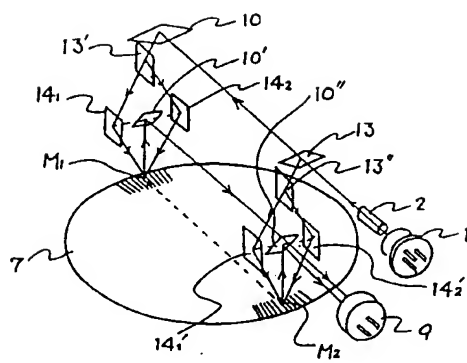
第 19 回



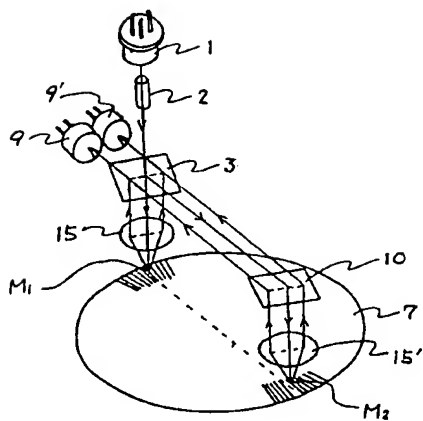
第 20 圖



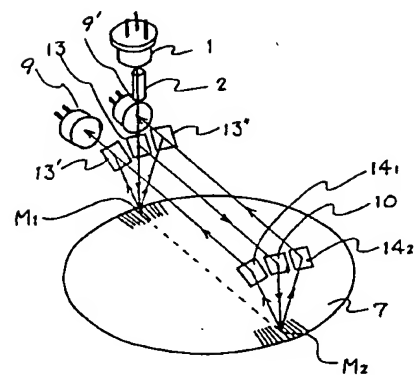
第 21 圖



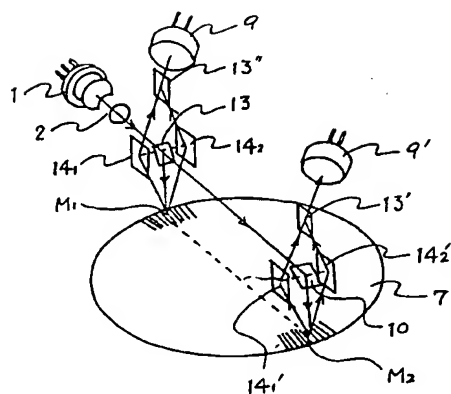
第 22 圖



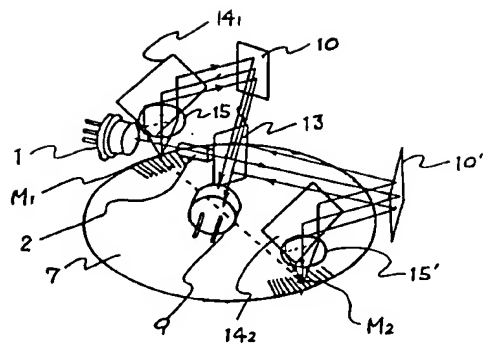
第 23 圖



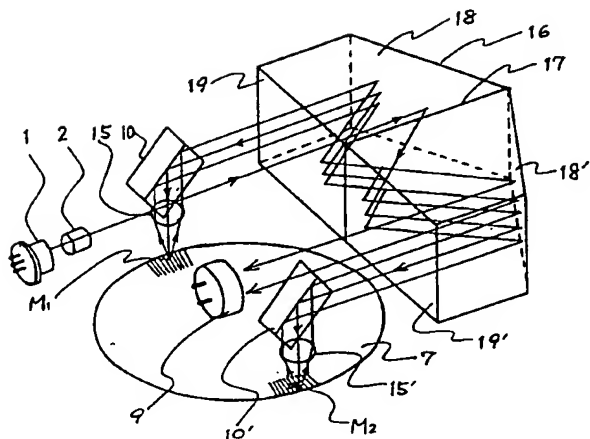
第 24 图



第 25 图



第 26 图



第 27 图

